



CUARTO CONGRESO INTERNACIONAL
CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO
DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

PROYECTO PARA EVALUAR LA GENERACIÓN DE BIOGÁS A PARTIR DE LOS DESECHOS DE BIOMASA (SUSTRATO GASTADO) DE LA PRODUCCIÓN DE HONGOS COMESTIBLES

Instituto de Investigaciones Biotecnológicas –
Instituto Tecnológico de Chascomús (IIB-
INTECH)

PROYECTO PARA EVALUAR LA GENERACIÓN DE BIOGÁS A PARTIR DE LOS DESECHOS DE BIOMASA (SUSTRATO GASTADO) DE LA PRODUCCIÓN DE HONGOS COMESTIBLES

M. Pérez-Chávez, L. Mayer y E. Albertó*

Instituto de Investigaciones Biotecnológicas – Instituto Tecnológico de Chascomús (IIB-INTECH)
intech@intech.gov.ar

RESUMEN

*En el último tiempo, la Argentina ha impulsado el uso de fuentes de energía renovables, lo que incluye la utilización de residuos agrícolas para generar bioenergía. El biogás es un combustible producido por digestión anaeróbica que ha sido considerado una de las tecnologías más sustentables y de bajo costo. En la producción de hongos se descartan miles de toneladas de sustrato lignocelulósico que podría emplearse para la generación de biogás, por haber sido sometido a un pretratamiento enzimático que hace más adecuados los materiales para la digestión bacteriana. Recientemente, hemos empleado el sustrato agotado de dos hongos comestibles para la producción de biogás: *Pleurotus ostreatus* con paja de trigo en codigestión con estiércol ovino, y aserrín proveniente de *Gymnopilus pampeanus*. Hemos probado que la acción del hongo en el sustrato favorece la generación de biogás. Para llevar a escala este proyecto, se instalará un laboratorio de análisis bioquímico que contará con tres biodigestores automatizados (15 L) en los cuales se evaluará la cantidad de biogás producido con varios sustratos agotados. Asimismo, se analizarán los lodos resultantes y se evaluará su uso como fertilizantes de campo. Adicionalmente, se montará un biodigestor de 50 m³ para determinar la producción de biogás a escala piloto.*

Palabras clave: Bioenergía, residuos agrícolas, lignocelulosa, biodigestión, codigestión, *Pleurotus ostreatus*, *Gymnopilus pampeanus*.

* Marión Pérez-Chávez y Edgardo Albertó: Instituto de Investigaciones Biotecnológicas – Instituto Tecnológico de Chascomús, IIB-INTECH (UNSAM-CONICET). amperez@intech.gov.ar y eoalberto@intech.gov.ar
Leopoldo Mayer: Escuela de Ciencia y Tecnología, UNSAM. leomayer@gmail.com

INTRODUCCIÓN

En el último tiempo, la Argentina ha impulsado el uso de fuentes de energía renovables, lo que incluye la utilización de residuos agrícolas para generar bioenergía. Un ejemplo es el biogás, un combustible producido por digestión anaeróbica que ha sido considerado una de las tecnologías más sustentables y de bajo costo.

El cultivo de hongos comestibles es una actividad comercial de importancia mundial, que en el 2000 produjo la suma de 20 000 millones de dólares (Chang, 2000). Actualmente, la producción mundial de este producto se estima en 6000 millones de toneladas anuales, con valores que se superan año tras año. Varios han sido los factores que han contribuido a este proceso: a) la materia prima utilizada son desperdicios provenientes de la agroindustria que tienen poco valor comercial y son fáciles de adquirir (Rajaratnam y Bano, 1991); b) el producto obtenido es un alimento de agradable aspecto y sabor, y con una alta calidad de proteínas que aportan gran parte de los aminoácidos esenciales para la dieta (Chang, 1991); c) algunas especies pueden ser cultivadas con tecnología relativamente sencilla y baja inversión.

En la Argentina se producen más de 4500 toneladas de hongos por año, principalmente champiñones, *Agaricus bisporus*, y gírgolas, *Pleurotus ostreatus* (Albertó y Gasoni, 2003; Albertó *et al.*, 2010). Se estima que esta actividad genera 12 000 tn de sustrato agotado por año. El 99 % es descartado y se emplea como mejorador de suelo; solo el 1 % es usado para otros fines como la producción de lombricompuesto.

En el Instituto de Investigaciones Biotecnológicas-Instituto Tecnológico de Chascomús (IIB-INTECH), sede Chascomús, el laboratorio de Micología se ha concentrado en los últimos años en el cultivo de nuevas especies de hongos comestibles, nunca antes producidas a nivel global, y en nuevas tecnologías (Pire *et al.*, 2001; Lechner y Albertó, 2007; Uhart *et al.*, 2008; Omarini *et al.*, 2009; Jaramillo y Albertó, 2011; Jaramillo *et al.*, 2011; Lechner y Albertó, 2011; Carabajal *et al.*, 2012; Jaramillo y Albertó, 2013; Colavolpe y Albertó, 2014).

Resulta de gran interés generar biogás a partir de estos desechos, puesto que ello significa un aporte interesante para el sector y una puesta en valor de un subproducto actualmente desechado. El biogás obtenido puede usarse para alimentar calderas, generar vapor para pasteurizar el sustrato o directamente para producir energía eléctrica mediante grupos electrógenos. Todo esto redundaría en una baja de costos importante para los cultivadores.

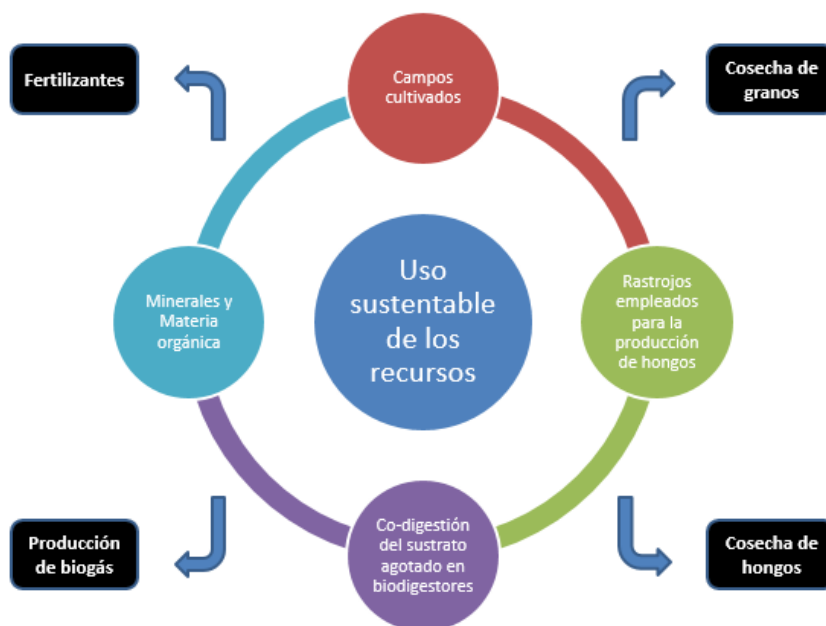
En la actualidad, el mundo se encuentra en un período de crisis energética. Esto se ve reflejado en la progresiva disminución de la tasa de retorno energético (EROI), que es la relación entre la energía producida en un proceso de extracción y la consumida para tal fin. En los años setenta el valor de EROI era de 50:1, mientras que en el 2006 fue de 18:1 (Gagnon *et al.*, 2009). La producción de biogás forma parte del conjunto de energías limpias que parcialmente pueden ayudar a reemplazar el uso de combustibles fósiles y a reducir el impacto ambiental partiendo de recursos renovables (Goberna *et al.*, 2010). El potencial de producción

de biogás podría remplazar en un 20-30 % el consumo total de gas natural. El contenido de metano del biogás es el que otorga el valor combustible al gas (aproximadamente, 60-65 %), ya que el resto de los gases no son combustibles. Por otra parte, los residuos resultantes de la digestión anaeróbica son ricos en nutrientes (N y P) y pueden ser aplicados como fertilizantes, lo que reduciría el uso de químicos.

Países como Alemania, China, India y los Estados Unidos han desarrollado tecnología para la producción de biogás y dieron así una solución a la acumulación de residuos que contamina napas de agua e inutiliza suelos. La biotecnología anaeróbica ha sido reportada como una alternativa sostenible por el volumen de los residuos orgánicos que utiliza, reduce y estabiliza (Ersahin *et al.*, 2011). Las bacterias metanogénicas son aquellas capaces de generar metano a partir de materia orgánica en condiciones anaeróbicas. Se utilizan, por ejemplo, distintos materiales orgánicos y residuos de la agroindustria. Algunos de ellos son resistentes a la digestión anaeróbica, como es el caso de los sustratos lignocelulósicos, que están compuestos por una compleja y rígida matriz, muy resistente al ataque enzimático. La degradación biológica de polímeros lignocelulósicos es llevada a cabo por diversas enzimas (amilasa, celulasa, proteasa, lipasa, pectinasas) que mejoran su biodigestibilidad en la producción de biogás. Los hongos, por su capacidad hidrolítica y por su distribución, son los organismos lignocelulolíticos por excelencia, ya que secretan enzimas extracelulares que actúan sinérgicamente en la degradación de estos materiales. *P. ostreatus* degrada lignina de manera oxidativa, e involucra enzimas como la lignina peroxidasa, manganoso peroxidasa y lacasas (Boyle *et al.*, 1992). Taniguchi *et al.* (2005) evaluaron hongos de pudrición blanca (*Phanerochaete chrysosporium*, *Trametes versicolor*, *Ceriporiopsis subvermispota*, y *Pleurotus ostreatus*) como pretratamiento de la paja de arroz para mejorar las condiciones de los sustratos en producción de biogás (Taherzadeh y Karimi, 2008).

En el ámbito agropecuario, pensamos en un círculo virtuoso en el que a partir de un campo se genere grano (trigo, por ejemplo); luego, con el rastrojo (paja de trigo) se produzcan hongos (champiñones) y con el compost agotado se produzca biogás, que sirva para alimentar una caldera o un generador eléctrico (figura 1). Los desechos o lodos enriquecidos luego pueden ser empleados como fertilizantes que vuelven al campo. El desarrollo de este plan de trabajo permitirá generar conocimiento en un área que puede tener un impacto económico directo en la producción de energía limpia, y que puede ser aplicada tanto a pequeños como a grandes productores.

Figura 1. Círculo virtuoso del uso sustentable de los recursos empleando los desechos de la agricultura para generar biogás y fertilizantes orgánicos



OBJETIVOS

- Determinar la capacidad de generar biogás a partir del sustrato agotado de los hongos comestibles *Pleurotus ostreatus* y *Gymnopilus spectabilis*.
- Montar un laboratorio para los análisis bioquímicos de los sustratos y lodos que intervienen en el proceso de codigestión anaeróbica.
- Montar biodigestores a escala de laboratorio (15 L) y a escala piloto (50 m³).

MATERIALES Y MÉTODOS

Cepas de hongos empleadas

Se utilizó una cepa de *Pleurotus ostreatus* (ICFC: 153/00) y *Gymnopilus pampeanus* (ICFC 748/12) proveniente de la colección de cultivos fúngicos del IIB-INTECH (siglas ICFC, número 826 de la WDCM¹).

¹ ICFC: IIB-INTECH Collection of Fungal Cultures.
WFCC: World Federation for Culture Collections.

Determinación de la capacidad de generar biogás a partir del sustrato gastado, por medio de paja de trigo (PT) con el hongo comestible *Pleurotus ostreatus*

Se realizaron siete tratamientos por duplicado: T1: 100 % estiércol; T2: 25 % PT con *P. ostreatus*; T3: 50 % PT con *P. ostreatus*; T4: 100 % PT con *P. ostreatus*; T5: 25 % PT; T6: 50 % PT; T7: 100 % PT y el Inóculo (In).

Como inóculo para la codigestión se utilizó estiércol ovino. Todas las muestras fueron secadas a 105 °C durante 24 h (APHA, 1992) y tamizadas con malla de 2 mm. Se determinó el porcentaje de sólidos totales (ST), sólidos fijos (SF) y sólidos volátiles (SV) según APHA (1992) en los distintos sustratos empleados. Como inóculo se utilizó el digestato (material obtenido de un biodigestor anaeróbico), incubado durante 30 días a 35 °C \pm 2 °C, de un digestor de 100 litros de capacidad, en estable actividad metanogénica, alimentado con estiércol ovino; pH: 7,12, ST: 6,89 % en base fresca (w/w) y SV: 71,42 % en base seca.

Para los ensayos se utilizaron botellas de plástico de 500 ml de capacidad. Se colocaron en cada una 400 g de la mezcla de sustratos e inóculo correspondiente (200 g/botella), manteniéndose constante el porcentaje de sólidos totales en alrededor de 7 % expresado masa en masa (m/m). La proporción de inóculo en los tratamientos fue de un 50 % m/m, y el 50 % restante fue lo correspondiente a los sustratos. Las botellas fueron colocadas sobre un recipiente con agua, la temperatura de los biodigestores se mantuvo constante durante todo el ensayo a 35 \pm 2 °C, mediante el uso de dos resistencias ubicadas en el recipiente con agua. A todas las botellas se les aplicó un flujo inicial de N₂. Se realizó agitación de los biodigestores previamente a cada medición de volumen de biogás. Se utilizó agua acidulada (5 % de ácido clorhídrico), para evitar que el CO₂ altere la medición (Yank *et al.*, 2002). La duración del ensayo fue de 44 días. Las mediciones fueron realizadas cada 48 horas. El volumen de biogás producido en los distintos tratamientos se determinó mediante la medición del volumen de agua desplazado, con la metodología de Mena *et al.* (2007).

Determinación de la capacidad de generar biogás a partir del sustrato gastado mediante aserrín de álamo con el hongo comestible *Gymnopilus pampeanus* (GP)

Se realizaron tres tratamientos por duplicado: T1: 80 % sustrato gastado de GP sobre la base de aserrín (Aserrín GP) + 20 % In; T2: 40 % aserrín GP + 60 % In; T3: 100 % In; T4: 40 % aserrín + 60 % In.

Para la codigestión como inóculo se empleó lodo estabilizado de una planta de tratamientos de residuos cloacales. Para el ensayo se emplearon Erlenmeyer de vidrio de 1 l como biorreactores introducidos en un baño térmico a 36 °C, de acuerdo a la metodología propuesta por Córdoba *et al.* (2016). Se determinaron sólidos volátiles y se ajustó para cada caso el contenido a un 6 % (Bolzonella *et al.*, 2003).

El volumen de biogás (ml) se determinó en todas las muestras en volumen desplazamiento según Córdoba *et al.* (2016). La calidad del biogás se evaluó por su porcentaje de metano. Las mediciones se realizaron de forma periódica (al menos diariamente) utilizando un instrumento portátil Landgem GA2000 (Landtec) con células infrarrojas para medir el metano y el dióxido de carbono, que fue previamente calibrado. Las mediciones se realizaron en la Universidad Nacional del Centro (UNICEN), Facultad de Ingeniería-UNCPBA, INTELYMEC, en Olavarría, provincia de Buenos Aires. Con el fin de identificar el biogás y el metano producidos exclusivamente a partir del aserrín tratado, se llevó a cabo un ensayo con inóculo. La producción de metano del blanco fue restada de la producción de metano de las muestras de la mezcla (Hansen *et al.*, 2004).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Producción de biogás a partir de sustrato gastado (paja de trigo) con el hongo comestible *Pleurotus ostreatus*

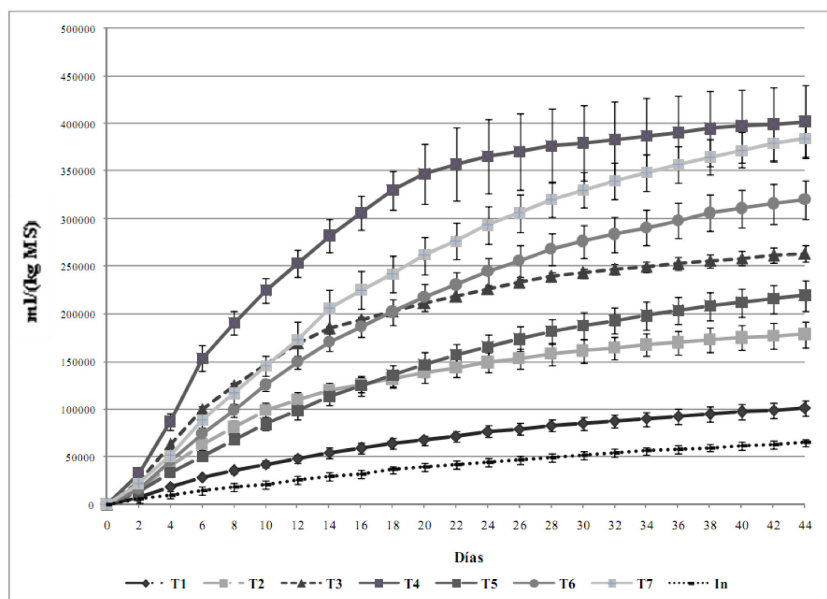
En la tabla 1 se presenta el contenido de sólidos totales (ST), sólidos volátiles (SV) y sólidos fijos (SF) de los sustratos utilizados para realizar las mezclas en los distintos tratamientos. La paja de trigo degradada por *P. ostreatus* presenta valores ampliamente inferiores de ST, SV y SF en relación con la paja de trigo sin degradar.

Tabla 1. Contenido de sólidos totales (ST), sólidos volátiles (SV) y sólidos fijos (SF) de los diferentes sustratos utilizados en el ensayo con el hongo comestible *Pleurotus ostreatus* (PO)

Tratamientos	ST	SV	SF
Inóculo (In)	6,89 ± 0,67	4,93 ± 0,54	1,96 ± 0,12
Paja de trigo (PT)	95,19 ± 0,11	88,78 ± 0,07	6,41 ± 0,06
Estiércol ovino	46,33 ± 0,66	33,64 ± 0,98	12,69 ± 0,32
PT + PO (sustrato agotado)	21,73 ± 2,07	18,63 ± 1,81	3,09 ± 0,28

Cuando analizamos los resultados del biogás acumulado (figura 2) al cabo de los 45 días que duró la medición, observamos que T4 resultó ser el tratamiento que mayor producción de biogás acumulado presentó (402 015,24 mL/(kg MS)); le siguió en orden decreciente T7 con un valor de producción acumulada de 384 123,92 mL/(kg MS). La paja de trigo utilizada fue de excelente calidad y tuvo efectos que resultaron favorables al proceso de biodigestión. Los tratamientos con menores rendimientos acumulados fueron In con 64 830 mL/(kg MS) y T1 con 101 223,67 mL/(kg MS), mientras que el resto de los tratamientos mostraron valores intermedios de biogás acumulado (figura 2).

Figura 2. Producción de biogás acumulado (mL/(kg MS)) en función del tiempo en días en los distintos tratamientos empleando paja de trigo (sin degradar) y paja de trigo como sustrato gastado, degradada por la acción de *PO* (Colavolpe *et al.*, 2012). T1: 100 % estiércol; T2: 25 % *P. ostreatus* + paja de trigo; T3: 50 % *P. ostreatus* + paja de trigo; T4: 100 % *P. ostreatus* + paja de trigo; T5: 25% paja de trigo; T6: 50% paja de trigo; T7: 100% paja de trigo; In: inóculo



Producción de biogás a partir de sustrato gastado (aserrín) con el hongo comestible *Gymnopilus pampeanus* (GP)

La tabla 2 muestra la composición de sólidos totales y volátiles de los materiales empleados. Tanto el aserrín (sin degradar) como el sustrato gastado con aserrín tratado con *G. pampeanus* tienen una capacidad alta de sólidos volátiles.

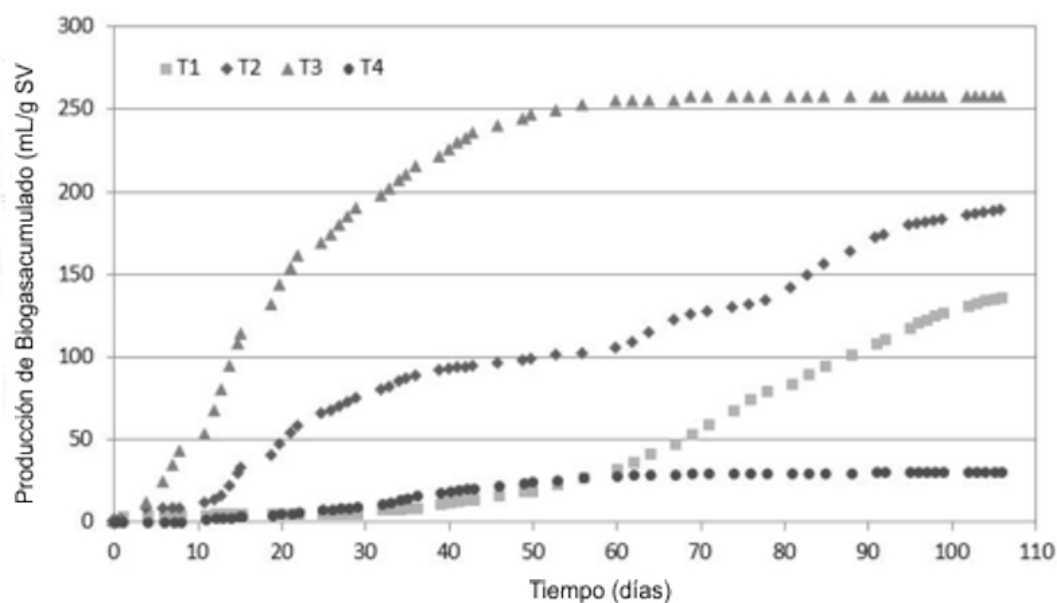
La figura 3 muestra la producción acumulada de biogás para cada tratamiento a lo largo del tiempo. T2 presentó la mayor producción de biogás, seguida de T1, lo que demuestra que a mayor proporción de In, mayor producción de biogás.

Tabla 2. Contenido de sólidos totales (ST), sólidos volátiles (SV) y sólidos fijos (SF) de los diferentes sustratos utilizados en el ensayo con el hongo comestible *Gymnopilus pampeanus* (GP)

Tratamientos	ST	SV	SF
Inóculo (In)	5.01 ± 0.07	6.22 ± 1.24	1,21 ± 0,17
Aserrín	95,19 ± 0,11	99.08 ± 0.15	3,89 ± 0,04
Aserrín + GP (sustrato agotado) por GP	91.13 ± 0.19	84.94 ± 0.53	6,19 ± 0,34

El descenso del 83 % de la relación S/I provocó un aumento de 36,2 % en la producción de biogás. Este comportamiento está de acuerdo con los resultados reportados por Eskicioglu y Ghorbani (2011), que demostraron que una disminución del 87 % en la relación S/I produjo un aumento de 14 % en la producción de biogás cuando se usó maíz entero como sustrato. Como el biogás se compone principalmente de dióxido de carbono y metano, en términos de energía la concentración de metano en el biogás es un parámetro clave para evaluar el proceso. En el caso del tratamiento con *GP*, fue posible determinar la cantidad de metano acumulada en cada tratamiento (tabla 3). Allí se observa que la producción acumulativa de metano de T2 dio como resultado un VS de 112,9 mL / g, que es 62,2 % mayor que T1 (tabla 3). Posteriormente, el uso de mayor cantidad de inóculo propició un mayor rendimiento de metano.

Figura 3. Producción de biogás acumulado (mL/(g SV)) en función del tiempo en días en los distintos tratamientos (Córdoba et al., 2016). T1: 80 % aserrín *GP* + 20 % In; T2: 40 % aserrín *GP* + 60 % In; T3: 100 % In; T4: 40 % aserrín + 60 % In



La tabla 3 muestra los resultados del metano acumulado producido, a los que se les ha restado la producción del Inóculo solo (In). El tratamiento con *GP* produjo una mayor producción de biogás y concentración de metano que los obtenidos con el aserrín sin tratar. Esta diferencia puede atribuirse a la acción de *G. pampeanus* sobre el aserrín.

Tabla 3. Producción de metano acumulada en cada tratamiento

Tratamiento	mL	mL/g SV
T1	1922 ± 196b	71.7 ± 7.3c
T2	3025 ± 132c	112.9 ± 4.9b
T4	393 ± 22 ^a	10.9 ± 0.6a

SV: sólidos volátiles

La menor biodegradabilidad del aserrín confirmó la menor producción de biogás obtenida para T3, lo que demostró que las bacterias anaerobias no fueron capaces de degradar los compuestos de lignina a pesar del uso de inóculos altamente degradables tales como lodos.

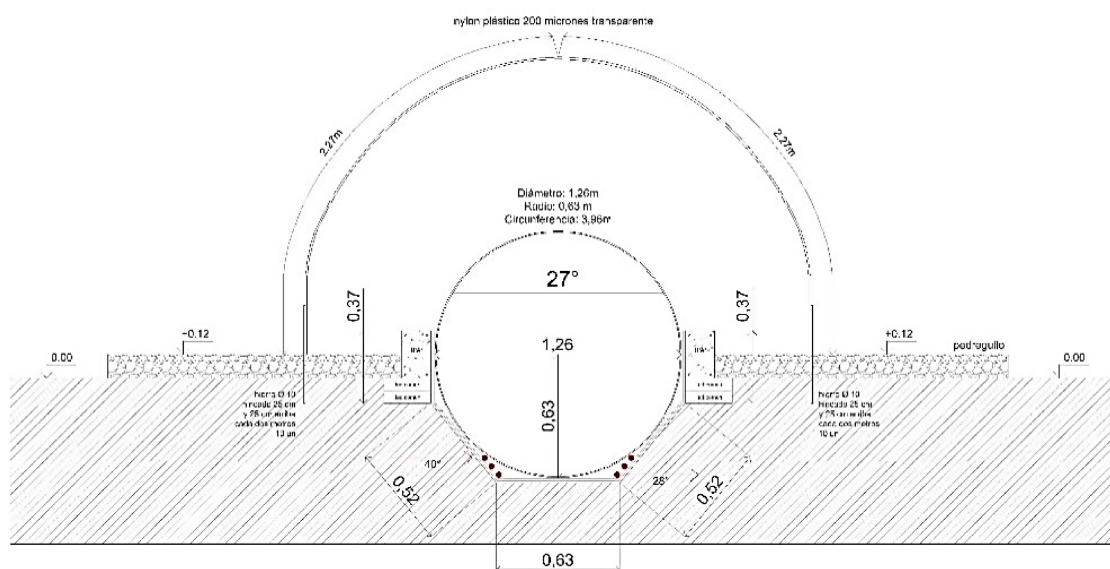
Montado de un laboratorio de análisis

Se prevé para el año en curso el montaje de un laboratorio que permitirá determinar las variables necesarias para el monitoreo de digestores, como lo son sólidos totales, sólidos volátiles, materia orgánica, cenizas, DBO, DQO, contenido de metano, contenido de CO_2 , sulfhídrico, alcalinidad, etc. A su vez, se instalarán tres biodigestores anaeróbicos de 15 L para poder determinar la capacidad de generar bigas de cualquier sustrato o mezcla en condiciones altamente controladas.

2. Montado de un biodigestor a escala piloto

Se montará un digestor en el campo experimental del instituto, en Chascomús, para poder evaluar el comportamiento de las mezclas a mayor escala. La figura 4 muestra un detalle de una parte del biodigestor de 50 m^3 de capacidad.

Figura 4. Corte transversal del digestor a escala piloto, que se instalará en el campo experimental del IIB-INTECH en Chascomús



CONCLUSIONES

Tanto los ensayos con sustrato agotado proveniente del cultivo del hongo *P. ostreatus* realizados sobre paja de trigo, como aquellos realizados con *G. pampeanus* con aserrín resultan alentadores respecto del objetivo de usar estos desechos en la producción de biogás, cuando estos son combinados en proporciones adecuadas con estiércoles o lodos de plantas depuradoras, como ha sido el caso de nuestros ensayos. Esto sugiere que las miles de toneladas disponibles de sustrato agotado que generan los productores de hongos en la Argentina podrían ser utilizadas para producir energía a partir de biomasa.

El montado de un laboratorio analítico y un biodigestor a escala piloto permitirán realizar ensayos y asistir a empresas generadoras de biogás, contribuyendo de este modo al fortalecimiento del sector.

BIBLIOGRAFÍA

- ALBERTÓ, E. y GASONI, L. (2003). "Producción de hongos en la Argentina". *IDIA XXI*, n.º 5, pp. 70-76.
- ALBERTÓ, E.; CURVETTO, N.; DESCHAMPS, J.; GONZALEZ MATUTE, R. y LECHNER, B. (2010). "Hongos silvestres y de cultivo en la Argentina: historia, regiones y sistemas de producción, consumo, mercado interno y externo, legislación, oferta tecnológica e investigación y desarrollo". En MARTÍNEZ-CARRERA, D. *et al.* (Eds.). *Hacia un desarrollo sostenible del sistema de producción-consumo de los hongos comestibles y medicinales en Latinoamérica: Avances y perspectivas en el siglo XXI*. Puebla: Red Latinoamericana de Hongos Comestibles y Medicinales: Producción, Desarrollo y Consumo, pp. 333-358.
- APHA [AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION] (1992). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Washington DC: APHA.
- BOLZONELLA, D.; INNOCENTI, L.; PAVAN, P.; TRAVERSO, P. y CECCHI, F. (2003). "Semi-dry Thermophilic Anaerobic Digestion of the Organic Fraction of Municipal Solid Waste: Focusing on the Start-up Phase". *Bioresource Technology*, vol. 86, pp. 123-129.
- BOYLE, C. D.; KROPP, B. R. y REID, A. I. D. (1992). "Solubilization and Mineralization of Lignin by White Rot Fungi". *Applied and Environmental Microbiology*, vol. 58, n.º 10, pp. 3217-3224.
- CARABAJAL, M.; LEVIN, L.; ALBERTÓ, E. y LECHNER, B. (2012). "Effect of Co-Cultivation of Two *Pleurotus* Species on Lignocellulolytic Enzyme Production and Mushroom Fructification". *International Biodeterioration & Biodegradation*, vol. 66, n.º 1, pp. 71-76.
- CHANG, S. 1991. "Cultivated Mushrooms". En AURORA, D.; MUKERJI, K. y DEKKER M. E. (Eds.). *Handbook of Applied Mycology: Volume III*. Nueva York: Taylor & Francis Inc., pp. 221-240.

- CHANG, S. (2000). "Global Impact of Edible and Medicinal Mushrooms on Human Welfare in the 21st Century: no Green Revolution". *International Journal of Medicinal Mushrooms*, vol. 1, pp. 1-7.
- COLAVOLPE, M. B.; CASANOVAS, G.; REYMUNDO, F.; DELLA VECCHIA, F.; ALBERTÓ, E. y IORIO DE F. A. (2012). "Utilización de los desechos de la producción de hongos comestibles como co-digestor para obtener biogás". *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, vol. 16, pp. 1-5.
- COLAVOLPE, M. B. Y ALBERTÓ, E. (2014). "Cultivation Requirements and Substrate Degradation of the Edible Mushroom *Gymnopilus pampeanus*—a Novel Species for Mushroom Cultivation". *Scientia Horticulturae*, vol. 180, pp. 161-166.
- CORDOBA, V.; FERNANDEZ, M. y SANTALLA, E. (2016). "The Effect of Different Inoculums on Anaerobic Digestion of Swine Wastewater". *Journal of Environmental Chemical Engineering*, vol. 4, pp. 115-122. doi: 10.1016/j.jece.2015.11.003
- ERSAHIN, M. E.; GOMEZ, C. Y.; DERELI, R. K.; ARIKAN, O. y OZTURK, I. (2011). "Biomethane Production as an Alternative Bioenergy Source from Co-Digesters Treating Municipal Sludge and Organic Fraction of Municipal Solid Wastes". *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, vol. 2011. doi: 10.1155/2011/953065
- ESKICIOGLU, C. Y GHORBANI, M. (2011). "Effect of Inoculum/Substrate Ratio on Mesophilic Anaerobic Digestion of Bioethanol Plant Whole Stillage in Batch Mode". *Process Biochemistry*, vol. 46, n.º 8, pp. 1682-1687. doi: 10.1016/j.procbio.2011.04.013
- GAGNON, N.; CHARLES, A. S. y BRINKER, L. (2009). "A Preliminary Investigation of Energy Return on Energy Investment for Global Oil and Gas Production". *Energies*, vol. 2, pp. 490-503. doi: 10.3390/en20300490
- GOBERNA, M.; GADERMAIER, M.; GARCIA, C.; WETT, B. y INSAM, H. (2010). "Adaptation of Methanogenic Communities to the Co-Fermentation of Cattle Excreta and Olive Mill Wastes at 37 °C and 55 °C". *Applied and Environmental Microbiology*, vol. 76, n.º 19, pp. 6564-6571.
- HANSEN, T. L.; SCHMIDT, J. E.; ANGELIDAKI, I.; MARCA, E.; JANSEN, J. L. C.; MOSBAEK, H. y CHRISTENSEN, T. H. (2004). "Method for Determination of Methane Potentials of Solid Organic Waste". *Waste Management*, vol. 24, n.º 4, pp. 393-400. doi: 10.1016/j.wasman.2003.09.009
- JARAMILLO, S. y ALBERTÓ, E. (2011). "Influencia de ciertos patrones morfométricos de las bolsas en la producción industrial de *Pleurotus ostreatus*". CD de resúmenes del VII Congreso Latinoamericano de Micología, realizado del 18 al 21 de julio de 2011, San José, Costa Rica.
- JARAMILLO, S.; COLAVOLPE, M. B. y ALBERTÓ, E. (2011). "Efeito do ozônio sobre a germinação de conídios do fungo contaminante de substratos *Trichoderma*". *Anais do VI Simposio Internacional*

sobre Cogumelos no Brasil e V Simposio Nacional sobre Cogumelos Comestiveis, 29 de agosto-1 de septiembre, Brasilia, DF, Brasil.

- JARAMILLO, S. y ALBERTÓ, E. (2013). "Heat Treatment of Wheat Straw by Immersion in Hot Water Decreases Mushroom Yield in *Pleurotus ostreatus*". *Revista Iberoamericana de Micología*, vol. 30, n.º 2, pp. 125-129.
- LECHNER, B. E. y ALBERTÓ, E. (2007). "Optimal Conditions for the Fruitbody Production of Naturally Occurring Strains of *Lentinus tigrinus*". *Bioresource Technology*, vol. 98, pp. 1866-1869.
- LECHNER, B. E. y ALBERTÓ, E. (2011). "Search for New Naturally Occurring Strains of *Pleurotus* to Improve Yields. *P. albidus* as a Novel Proposed Species for Mushroom Production". *Revista Iberoamericana de Micología*, vol. 28, n.º 4, pp. 148-154.
- MENA, M.; BRANDA, J.; MURCIA, G.; GARÍN, E.; BELLISKI, G. y MOSCHIONE, E. (2007). "Metodología de bajo costo para la cuantificación de biogás en biodigestores de laboratorio". *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, vol. 11, n.º 8, pp. 107-113.
- OMARINI, A.; LECHNER, B. E. y ALBERTÓ, E. (2009). "*Polyporus tenuiculus*: a New Naturally Occurring Mushroom that Can Be Industrially Cultivated on Agricultural Waste". *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, vol. 36, n.º 635-642.
- PIRE, G.; WRIGHT, J. E. y ALBERTÓ, E. (2001). "Cultivation of Shiitake Using Sawdust of Widely Available Local Woods in Argentina". *Micología Aplicada Internacional*, vol. 13, n.º 2, pp. 1-5.
- RAJARATHNAM, S. y BANO, Z. (1991). "Biological Utilization of Edible Fruiting Fungi". En AURORA, D.; MUKERJI, K. y DEKKER, M. E. (Eds.). *Handbook of Applied Mycology: Volume III*. Nueva York: Taylor & Francis Inc., pp. 241-292.
- TAHERZADEH, M. J. y KARIMI, K. (2008). "Pretreatment of Lignocellulosic Wastes to Improve Ethanol and Biogas Production: A Review". *International Journal of Molecular Sciences*, vol. 9, pp. 1621-1651.
- TANIGUCHI, M.; SUZUKI, H.; WATANABE, D.; SAKAI, K.; HOSHINO, K. y TANAKA, T. (2005). "Evaluation of Pretreatment whit *Pleurotus ostreatus* for Enzymatic Hydrolysis of Rice Straw". *Journal of Biosciences and Bioengineering*, vol. 100, pp. 637-643.
- UHART, M.; PISCERA, J. M. y ALBERTÓ, E. (2008). "Utilization of New Naturally Occurring Strains and Supplementation to Improve the Biological Efficiency of the Edible Mushroom *Agrocybe cylindracea*". *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, vol. 35, n.º 6, pp. 595-602.
- YANK, L.; MARTINA, P. y CORACE, J. (2002). "Determinación de CO₂ en diferentes muestras de gas mediante el uso del aparato Orsay, Grupo de Investigación de Energías Renovables (GIDER)", Informe del Departamento de Termodinámica, Facultad de Ingeniería, UNNE, Resistencia.

Recuperado de <<http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/cyt/2002/07-Tecnologicas/T-038.pdf>>.